

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(подпись) Юнаков Л. П.
ФИО
«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СИСТЕМ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Информационно-измерительная техника и технологии
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Кафедра-разработчик рабочей программы	АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Калягин Лев Иванович, к.т.н., профессор

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СИСТЕМ
ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-6.1 — способность создавать и поддерживать процессы жизненного цикла продукции в ракетно-космической промышленности, реализованные в информационных системах
ПСК-6.2 — способность сопровождать процесс подготовки и проведения испытаний космических аппаратов, космических систем и их составных частей на всех этапах жизненного цикла

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-6.1

знания:

на уровне воспроизведения: математические модели процессов внешнего теплообмена в космосе и ограниченном объёме орбитального гермоконтейнера; математические модели и расчётные схемы тепловых агрегатов, элементов автоматики и информационно-измерительной аппаратуры систем обеспечения теплового режима;

на уровне понимания: основные принципы построения и функционирования систем обеспечения теплового режима космических аппаратов; методики проектирования и экспериментальной отработки систем обеспечения теплового режима;;

умения:

теоретические: составление и решение систем уравнений, описывающих процессы функционирования систем обеспечения теплового режима; составление схем информационно-измерительных цепей для испытаний и эксплуатации СОТР;

практические: навыки в области программирования, решения задач на ЭВМ в различных пакетах программ; подготовка электронных отчетов, содержащих текстовую и графическую информацию; оценка погрешности измерений при проведении вакуумных и невакуумных испытаний СОТР;;

навыки:

разработки программ, проведения расчётов систем обеспечения теплового режима с использованием ЭВМ и анализа их результатов..

ПСК-6.2

знания:

на уровне представлений: схемы современных и перспективных систем обеспечения теплового режима; состав и технические характеристики тепловых агрегатов, элементов автоматики и измерительной аппаратуры систем обеспечения теплового режима; теплофизические и эксплуатационные характеристики пассивных средств обеспечения теплового режима; виды испытаний систем обеспечения теплового режима; средства имитации факторов космического полёта;

на уровне понимания: основные принципы построения и функционирования систем обеспечения теплового режима космических аппаратов; методики проектирования и экспериментальной отработки систем обеспечения теплового режима;;

умения:

теоретические: составление и решение систем уравнений, описывающих процессы функционирования систем обеспечения теплового режима; составление схем информационно-измерительных цепей для испытаний и эксплуатации СОТР;

практические: навыки в области программирования, решения задач на ЭВМ в различных пакетах программ; подготовка электронных отчетов, содержащих текстовую и графическую информацию; оценка погрешности измерений при проведении вакуумных и невакуумных испытаний СОТР;;

навыки:

разработки программ, проведения расчётов систем обеспечения теплового режима с использованием ЭВМ и анализа их результатов..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СИСТЕМ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЭНЕРГОСИСТЕМЫ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших
- ПСК-6.1 — Способен создавать и поддерживать процессы жизненного цикла продукции в ракетно-космической промышленности, реализованные в информационных системах

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-6.1	ПСК-6.2
4	7	Раздел 1. Основные понятия и определения. 1.1. Назначение и содержание дисциплины. 1.2. Параметры теплового режима космического аппарата. 1.3. Классификация и состав СОТР КА. 1.4. Требования, предъявляемые к СОТР КА.	3	2	2	0	1	5	5
4	7	Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата. 2.1. Схема внешнего теплообмена космического аппарата в космическом пространстве. 2.2. Тепловые модели планет. 2.3. Модель прямого солнечного излучения. 2.4. Модель атмосферных тепловых потоков. 2.5. Математические модели внешних тепловых нагрузок. 2.6. Тепловое состояние внешних элементов конструкции космических аппаратов.	12	4	4	0	8	10	10
4	7	Раздел 3. Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата. 3.1. Особенности внутреннего теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов. 3.2. Модели внутренних тепловых нагрузок космических аппаратов. 3.3. Тепловая схема и математическая модель внутреннего теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов. 3.4. Определение коэффициентов конвективного теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов.	12	4	4	0	8	10	10
4	7	Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности. 4.1. Математическая модель газораспределения. 4.2. Выбор типа и параметров вентилятора. 4.3. Показатели влажностного режима и способы обеспечения влажности.	4	2	2	0	2	10	10
4	7	Раздел 5. Пассивные средства обеспечения теплового режима. 5.1. Экранно-вакуумная теплоизоляция (ЭВТИ). 5.2. Терморегулирующие покрытия.	24	10	2	8	14	10	10
4	7	Раздел 6. Активные системы терморегулирования. 6.1. Активные газовые системы терморегулирования. 6.2. Активные газожидкостные системы терморегулирования.	31	18	4	14	13	10	10
4	7	Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования. 7.1. Радиационный теплообменник. Математическая модель типового элемента радиационного теплообменника. Определение хладопроизводительности радиационного теплообменника 7.2. Конвективные теплообменные аппараты систем обеспечения теплового режима.	22	12	4	8	10	10	10
4	7	Раздел 8. Эксплуатационные характеристики СОТР. 8.1. Эксплуатационные характеристики активных СОТР. 8.2. Эксплуатационные характеристики пассивных средств обеспечения теплового режима: ЭВТИ, ТРП.	6	2	2	0	4	10	10
4	7	Раздел 9. Тепловая отработка космических аппаратов. 9.1. Классификация испытаний. 9.2.Тепловакуумные испытания агрегатов и систем обеспечения теплового режима КА. 9.3. Методы и средства тепловакуумных испытаний.	8	4	4	0	4	10	10
4	7	Раздел 10. Невакуумные испытания агрегатов систем обеспечения теплового режима космических аппаратов. 10.1. Гидравлические испытания агрегатов и циркуляционных контуров систем терморегулирования. 10.2. Вентиляционные испытания.	4	2	2	0	2	5	5
4	7	Раздел 11. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима КА и определении характеристик СОТР. 11.1. Измерение тепловых потоков. 11.2. Измерение температур. 11.3. Измерение расходов. 11.4. Измерение давлений.	18	8	4	4	10	10	10
Всего за 7 семестр			144	68	34	34	76	100	100
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 5. Пассивные средства обеспечения теплового режима.	Расчет термического сопротивления ЭВТИ.	6
2		Анализ влияния параметров ЭВТИ на термическое сопротивление	2
3	Раздел 6. Активные системы терморегулирования.	. Математические модели нестационарных режимов функционирования активных СТР.	7
4		Анализ влияния параметров СТР на качество переходных процессов.	7
5	Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.	Расчет теплопроизводительности теплообменных аппаратов: - прямоточных; -	8

		противоточных; -поперечноточных и их сравнительный анализ	
6	Раздел 11. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима КА и определении характеристик СОТР.	Определение постоянных времени датчиков температуры	4
Всего за 7 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. . Основные понятия и определения.	Изучение лекционного материала	1
2	Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.	Изучение лекционного материала	1
3		Выполнение домашнего задания и оформление отчета	7
4	Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.	Выполнение домашнего задания и оформление отчета	7
5		Изучение лекционного материала	1
6	Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.	Изучение лекционного материала	2
7	Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.	Изучение лекционного материала	1
8		Подготовка к практическим занятиям	5
9		Выполнение домашнего задания и оформление отчета	8
10	Раздел 6. Активные системы терморегулирования.	Изучение лекционного материала	2
11		Подготовка к практическим занятиям	4
12		Выполнение домашнего задания и оформление отчётов	7
13	Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.	Изучение лекционного материала	3
14		Подготовка к практическим занятиям	7
15	Раздел 8. . Эксплуатационные характеристики СОТР.	Изучение лекционного материала	4
16	Раздел 9. Тепловая отработка космических аппаратов.	Изучение лекционного материала	4
17	Раздел 10. . Невакуумные испытания агрегатов систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.	Изучение лекционного материала	2
18	Раздел 11. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима КА и определении характеристик СОТР.	Изучение лекционного материала	3
19		Подготовка к практическим занятиям	7
Всего за 7 семестр			76

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7		ОС		ДЗ	ОС	ДР	ДЗ		ОС	ДР	ДЗ	ОС		ДЗ	ОС	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ОС – устный опрос студентов;
- ДЗ – домашнее задание.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- устный опрос студентов;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Абдурахимов, В. Д. Атамасов, В. Н. Баландин. . Космический аппарат "Янтарь". СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
2. А. А. Абдурахимов, В. Д. Атамасов, В. Н. Баландин. . Космический аппарат "Янтарь". СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 14 экз.
3. А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов. СПб.: Профессионал, 2014, 60 экз.
4. В. А. Бабук. . Измерение температуры оптическими методами. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
5. В. А. Бабук. . Измерение температуры с помощью термопар. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
6. В. В. Никольский. . Основы проектирования автоматических космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
7. В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
8. В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 53 экз.
9. В. К. Иванов, Л. И. Калягин. . Элементы теории испытаний и эксплуатации систем ракетно-космической техники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, 77 экз.
10. Л. И. Калягин. . Материалы и покрытия в космической технике. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1996, 131 экз.
11. Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем. М.: Логос, 2003, 17 экз.
12. М. К. Сапего, Н. А. Тестоедов, В. Д. Атамасов. . Теория проектирования сложных технических систем космического базирования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, 49 экз.
13. Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, 74 экз.
14. Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
15. С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 85 экз.
16. С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. В. Малозёмов, В. Ф. Рожнов, В. Н. Правецкий. . Системы жизнеобеспечения экипажей летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1986, 3 экз.
2. В. В. Малозёмов, Н. С. Кудрявцева. . Системы терморегулирования космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1995, 2 экз.
3. О. Б. Андрейчук, Н. Н. Малахов. Тепловые испытания космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1982, 0 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Датчики и системы.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;

<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad Prime 3.1.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Типовой комплект учебного оборудования «солнечная фотоэлектрическая система» СФЭС-НР-ПО;
2. Фрагменты агрегатов систем терморегулирования КА;
3. Проектор;
4. Лабораторная установка для испытаний различных конструкций теплообменников;
5. Mathcad Prime 3.1.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СИСТЕМ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-6.1 способность создавать и поддерживать процессы жизненного цикла продукции в ракетно-космической промышленности, реализованные в информационных системах;

ПСК-6.2 способность сопровождать процесс подготовки и проведения испытаний космических аппаратов, космических систем и их составных частей на всех этапах жизненного цикла.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с : с процессами внешнего теплообмена космического аппарата, теплообмена внутри его герметичных отсеков, математическим моделированием этих процессов, с устройством и функционированием пассивных средств обеспечения теплового режима и активных систем терморегулирования, разработкой их математических моделей и моделей составляющих их агрегатов, а также составлением моделей массы систем обеспечения теплового режима космических аппаратов. В ней также рассматриваются задачи тепловой отработки систем обеспечения теплового режима, включающие проведение тепловакуумных и невакуумных испытаний, и особенности испытаний систем обеспечения теплового режима пилотируемых космических аппаратов; изучаются измерительно-информационные технологии, используемые при проведении таких испытаний.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- устный опрос студентов;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Основные понятия и определения.		
Изучение лекционного материала	В. В. Никольский. . Основы проектирования автоматических космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (Раздел 13.1) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 1) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Раздел 1)	1
Итого по разделу 1		1
Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.		
Изучение лекционного материала	В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 6) Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Глава 2) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 6)	1
Выполнение домашнего задания и оформление отчета	С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2) М. К. Сапего, Н. А. Тестоедов, В. Д. Атамасов. . Теория проектирования сложных технических систем космического базирования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Разделы 7.1.1-7.1.5) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Приложение П. 3.1.) Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Глава 2) Л. И. Калягин. . Материалы и покрытия в космической технике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1996 (Раздел 1)	7
Итого по разделу 2		8
Раздел 3. Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.		
Выполнение домашнего	С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.	7

задания и оформление отчета	Устинова, 2006 (Раздел 2) С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Разделы 1.3, 1.4)	
Изучение лекционного материала	А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профessional, 2014 (Приложение П 3.2)	1
Итого по разделу 3		8
Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.		
Изучение лекционного материала	В. В. Малозёмов, Н. С. Кудрявцева. . Системы терморегулирования космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1995 (Раздел 1) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Разделы 3.4, 3.5, 3.6) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профessional, 2014 (Введение, Разделы 1.6, 1.7)	2
Итого по разделу 4		2
Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.		
Изучение лекционного материала	А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профessional, 2014 (Введение, раздел 1.8, Приложение П 3.2) В. В. Малозёмов, В. Ф. Рожнов, В. Н. Правецкий. . Системы жизнеобеспечения экипажей летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1986 (Раздел 3)	1
Подготовка к практическим занятиям	С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2)	5
Выполнение домашнего задания и оформление отчета	Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Разделы 1.2) С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Разделы 4.1, 4.2)	8
Итого по разделу 5		14
Раздел 6. Активные системы терморегулирования.		
Изучение лекционного материала	А. А. Абдурахимов, В. Д. Атамасов, В. Н. Баландин. . Космический аппарат "Янтарь": СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (Раздел 3) В. В. Малозёмов, В. Ф. Рожнов, В. Н. Правецкий. . Системы жизнеобеспечения экипажей летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1986 (Раздел 3)	2
Подготовка к практическим занятиям	А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профessional, 2014 (Разделы 1.9, 1.10, 1.11, Приложение 1, П.3.3, П. 3.4.)	4
Выполнение домашнего задания и оформление отчётов	А. А. Абдурахимов, В. Д. Атамасов, В. Н. Баландин. . Космический аппарат "Янтарь": СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (Раздел 3) С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Разделы 5.8)	7

Итого по разделу 6		13
Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.		
Изучение лекционного материала	В. К. Иванов, Л. И. Калягин. . Элементы теории испытаний и эксплуатации систем ракетно-космической техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (Раздел 1.3) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Введение, разделы 1.12, 1.13, 2.5)	3
Подготовка к практическим занятиям	Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (Раздел 5) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 6)	7
Итого по разделу 7		10
Раздел 8. . Эксплуатационные характеристики СОТР.		
Изучение лекционного материала	Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (Глава 3) М. К. Сапего, Н. А. Тестоедов, В. Д. Атамасов. . Теория проектирования сложных технических систем космического базирования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Глава 6)	4
Итого по разделу 8		4
Раздел 9. Тепловая отработка космических аппаратов.		
Изучение лекционного материала	О. Б. Андрейчук, Н. Н. Малахов. Тепловые испытания космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1982 (Раздел 1) Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (Раздел 1)	4
Итого по разделу 9		4
Раздел 10. . Невакуумные испытания агрегатов систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.		
Изучение лекционного материала	О. Б. Андрейчук, Н. Н. Малахов. Тепловые испытания космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1982 (Разделы 2, 3) Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (Раздел 1)	2
Итого по разделу 10		2
Раздел 11. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима КА и определении характеристик СОТР.		
Изучение лекционного материала	Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (Раздел 4)	3
Подготовка к практическим занятиям	В. А. Бабук. . Измерение температуры с помощью термпар: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (Раздел 2) В. А. Бабук. . Измерение температуры оптическими методами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (Раздел 3)	7
Итого по разделу 11		10

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- устный опрос студентов;
- домашнее задание;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Устный опрос студентов

Примеры задаваемых при устном опросе вопросов приведены в УМК

Правильный, четко сформулированный ответ-5 баллов.

Правильный, нечетко сформулированный ответ-4 балла.

Правильный, но неточный ответ-3балла

Неправильный ответ-2 балла

Домашнее задание

Тематика домашних заданий, варианты заданий, требования к оформлению приведены в УМК.

Решения домашних заданий представляются в печатной или рукописной форме. Каждое домашнее задание состоит в решении проектной задачи.

Критерии оценивания:

- правильное решение, при условии качественного оформления с выполнением предъявляемых требований – 5 баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 3 являются:

- небрежное оформление работы,

- неправильно или нечетко сформулированные выводы,

- неправильные ответы при защите домашнего задания.

Домашнее задание не может быть принято и подлежит доработке в случае неправильного решения поставленной в нём проектной задачи.

Для защиты домашнего задания необходимо набрать 3 балла

Экзамен

Экзаменационные билеты содержат два вопроса. Один из них - основной. Он является емким по содержанию, требует знания физической картины процесса, математического описания параметров и характеристик и глубокого анализа результатов исследования. Второй вопрос требует краткого анализа поставленной задачи и формулирование основного вывода.

Критерии оценивания

«отлично» - полный ответ на оба вопроса и возможные дополнительные вопросы

«хорошо» - незначительные замечания на ответы по обоим вопросам и неполные ответы на дополнительные вопросы

«удовлетворительно» - неполные ответы на оба вопроса, отсутствие ответов на отдельные дополнительные вопросы

«неудовлетворительно» - неполный ответ на основной вопрос, отсутствие ответа на второй и дополнительные вопросы

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-6.1	ПСК-6.2	
4	7	Раздел 1. . Основные понятия и определения.	3	2	2	0	1	5	5	Устный опрос студентов
4	7	Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.	12	4	4	0	8	10	10	Домашнее задание
4	7	Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.	12	4	4	0	8	10	10	Домашнее задание
4	7	Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.	4	2	2	0	2	10	10	Устный опрос студентов
4	7	Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.	24	10	2	8	14	10	10	Домашнее задание
4	7	Раздел 6. Активные системы терморегулирования.	31	18	4	14	13	10	10	Домашнее задание
4	7	Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.	22	12	4	8	10	10	10	Устный опрос студентов
4	7	Раздел 8. . Эксплуатационные характеристики СОТР.	6	2	2	0	4	10	10	Устный опрос студентов
4	7	Раздел 9. Тепловая отработка космических аппаратов.	8	4	4	0	4	10	10	Устный опрос студентов
4	7	Раздел 10. . Невакуумные испытания агрегатов систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.	4	2	2	0	2	5	5	Устный опрос студентов
4	7	Раздел 11. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима КА и определении характеристик СОТР.	18	8	4	4	10	10	10	Устный опрос студентов
Всего за 7 семестр			144	68	34	34	76	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-6.1

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 На круговой околоземной орбите высотой 200 км. на КА действуют: тепловой поток прямого солнечного излучения;
- тепловой поток собственного излучения Земли;
- атмосферный тепловой поток;
- № 2 тепловой поток отраженного от Земли солнечного излучения.
- Средства пассивного терморегулирования включают в себя:
- экранно-вакуумную теплоизоляцию;
- вентиляторы;
- электронасосные агрегаты;
- терморегулирующие покрытия.
- № 3 Низкая тепловая эффективность газового теплоносителя объясняется:
- низким значением удельной теплоёмкости;
- низким значением теплопроводности;
- низким значением кинематической вязкости.
- № 4 Какие значения коэффициента поглощения (AS) и коэффициента излучения (ϵ) хааааа характеризуют терморегулирующие покрытия класса «солнечные отражатели», применяемые при проектировании космических аппаратов? Выбрать один из вариантов ответа.
- Варианты ответов:
- 1 $AS \rightarrow 0; \epsilon \rightarrow 1$
- $AS \rightarrow 1; \epsilon \rightarrow 0$
- $AS \rightarrow 0; \epsilon \rightarrow 0$
- $AS \rightarrow 1; \epsilon \rightarrow 1$
- № 5 На основании какого закона лучистого теплообмена можно определить длину волны максимума спектральной интенсивности излучения?
- Закона смещения Вина.
- Закона Планка.
- Закона Стефана-Больцмана.
- № 6 Общефункциональные требования к СОТР:
- минимальная масса и стоимость;
- относительная влажность;
- максимальная надежность
- № 7 Достоинствами жидкостных СТР КА являются:
- высокая эффективность теплообмена в каналах гидромагистралей;
- высокая надежность;
- простота;

- № 8 высокая точность регулирования температуры.
Наиболее эффективным конвективным теплообменником является теплообменник, реализующий схему:
- прямотока;
- противотока;
- поперечного тока.
- № 9 От воздействия каких факторов космического пространства зависит деградация ТРП?
- плотности потока протонов.
- плотности потока электронов.
- интенсивности ультрафиолетового солнечного излучения.
- температуры поверхности.
- времени эксплуатации.
- № 10 Процесс деградации ТРП носит:
- линейный характер;
- параболический характер;
- экспоненциальный характер.
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Почему в циркуляционных газовых СТР КА наиболее широко применяются вентиляторы осевого типа?
- № 2 Почему поток прямого солнечного излучения можно считать плоскопараллельным?
- № 3 Почему «регулирование по возмущению» не применяется при построении систем терморегулирования КА?
- № 4 Определить солнечную постоянную для небесного тела, движущегося по круговой гелиоцентрической орбите радиусом 0,7 а.е. Ответ округлить до целого числа.
- № 5 Потребляемая электрическая мощность источника тепловыделений составляет 300 Вт, к.п.д. аппаратуры равен 0,05. Какова тепловая мощность рассеиваемая источником?
- № 6
- Вследствие чего наблюдается сезонное изменение солнечной постоянной для Земли?
- № 7 Почему максимум спектральной интенсивности отраженного от Земли солнечного излучения находится в коротковолновой части электромагнитного спектра?
- № 8 Почему испарительные СТР редко применяются на КА?
- № 9 Если планета обладает плотной атмосферой и имеет малый период обращения, то собственное излучение планеты равномерно распределено по её поверхности. Почему?
- № 10 Определить потребную мощность вентилятора, если объёмный расход равен 0,03 куб. м/с, напор равен 135 Н/м. , К.П.Д. вентилятора 0,5. Ответ округлить до первого знака после запятой.

ПСК-6.2

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Наземная отработка КА включает тепловвакуумные испытания:
- внешнего приборно-агрегатного оборудования;
- штатной СТР;

тепловых макетов КА и его составных частей;
гермоотсека и его приборно-агрегатного оборудования;
гидравлической системы.

№ 2

При проведении ТВИ имитируются следующие факторы
окружающего пространства:

вакуум;

излучение от солнца;

планетные излучения;

пространственное положение объекта испытаний относительно
источников теплового излучения;

корпускулярные и микрометеоритные потоки;

загрязнение поверхностей.

№ 3

К недостаткам каких вакуумных насосов относится селективность, т.е.
неспособность откачивать все виды газообразных веществ?

диффузных паромасляных;

ртутных пароструйных;

геттерных;

ионно-геттерных;

адсорбционных;

криоконденсационных;

турбомолекулярных.

№ 4

В процессе гидравлических испытаний жидкостных контуров СТР
контролируются следующие параметры:

-давление в гидромагистралях и газовой полости гидропневмокомпенсатора;

-перепад давлений на насосных агрегатах;

- число оборотов двигателей насосов;

-текущее положение исполнительных органов регулятора расхода теплоносителя;

-расход теплоносителя в контурах;

-возможные застойные зоны;

-производительность вентиляторов.

№ 5

В неосевых оптических схемах имитаторов солнечного излучения:

-собственное излучение объекта испытаний переотражается на криогенные
экраны;

-собственное излучение объекта испытаний в направлении отражателя частично
возвращается к объекту.

№ 6

При проведении ТВИ ПКА в режимах максимальных и минимальных
тепловых нагрузок определяются:

-тепловой режим при имитации вероятных аварийных ситуаций;

-тепловые характеристики агрегатов и подсистем СОТР;

-утечки тепла из отсеков и температуры корпуса при минимальном внешнем теплообмене при различных внутренних тепловыделениях;

-теплопритоки в отсек и температуры корпуса в условиях максимального солнечного подвода тепла при различных внутренних тепловыделениях;

-хладопроизводительность РТО.

№ 7 Основные трудности при проведении ТВИ вызываются:

-ограниченностью размеров ТВК;

№ 8 -сложностью имитации в земных условиях условий невесомости.
Является ли задачей тепловакуумных испытаний:

- экспериментальная проверка и уточнение математической модели СОТР КА?

- экспериментальное определение теплового режима при имитации вероятных аварийных ситуаций?

№ 9 В тепловакуумных камерах проводят:

-вентиляционные испытания;

-гидравлические испытания;

- испытания радиационных теплообменников;

- испытания корпуса гермоотсека;

- испытания внешних приборов.

№ 10 В процессе вентиляционных испытаний определяются:

-производительность вентиляторов;

-направления потоков воздуха;

-возможные застойные зоны

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Почему в процессе вентиляционных испытаний должно быть включено минимальное количество источников тепловыделений?

№ 2 Какие задачи решает опорно-поворотное устройство ТВК?

№ 3 Какие характеристики солнечного излучения имитируются ИСИ?

№ 4 Каков основной недостаток осевой схемы имитатора солнечного излучения (ИСИ)?

№ 5 Из каких этапов складывается тепловая обработка ПКА?

№ 6 Что представляет собой имитатор «черного», «холодного» космоса?

№ 7 Для чего предназначена система вакуумирования ТВК?

№ 8 Почему тепловакуумные испытания (ТВИ) пилотируемого космического аппарата (ПКА) не следует считать комплексными?

№ 9 Какую глубину вакуума необходимо обеспечить в ТВК при проведении ТВИ КА?

№ 10 Какими системами имитации оснащаются тепловакуумные камеры (ТВК)?